

ВЛИЯНИЕ МЕТАСТАБИЛЬНОГО АУСТЕНИТА В ФОРМИРОВАНИИ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАРТЕНСИТНО-СТАРЕЮЩИХ СТАЛЕЙ НА Fe-Ni-Mo-Ti И Fe-Ni-W-Co-Mo ОСНОВЕ

Аитова Ю.С, Огиенко С.В.

Руководитель - к.т.н. Ишина Е.А.

ФГАОУ ВПО УрФУ, Екатеринбург, Россия,

e-mail: iea@mtf.ustu.ru

Известно, что несмотря на невысокий коэффициент деформационного упрочнения Fe-Ni мартенситно-стареющие стали (МСС) могут обладать достаточной износостойкостью в различных условиях испытаний, причем их стойкость при абразивном и адгезионном изнашивании хорошо коррелирует с твердостью, а при тепловом – с теплостойкостью. Однако при трении со значительными скоростями и нагрузками мартенситно-стареющие стали, закаленные на мартенсит, не обладают высокой износостойкостью.

Показано, что при фрикционном деформировании в режиме сухого трения можно создать условия объемного напряженного состояния с высоким удельным давлением. Такая обработка способна стимулировать полиморфное превращение, если в структуре стали имеется метастабильный аустенит. Кроме того, износостойкость сталей и сплавов в тяжелых условиях трения, а также при некоторых видах абразивного износа может повышаться при увеличении содержания остаточного аустенита в их структуре.

В этой связи было изучено влияние содержащегося в структуре метастабильного аустенита различного типа в структуре сталей 03Н18М5ТЮ и 03Н17В10К10МТ на сопротивление адгезионному и абразивному изнашиванию.

Сравнительные испытания на трение при адгезионном изнашивании проводились по стандартной методике по схеме «диск-палец» без смазки. В качестве контртела (диска) использовалась сталь Х12М, термически обработанная на твердость 62 HRC. Удельное давление при испытаниях составляло $P = 1,96$ МПа. Время испытания каждого образца составляло 30 мин. Скорость скольжения варьировалась в пределах от 0,37 до 4,5 м/с, а в некоторых случаях составляла 12 м/с. Испытание материала на абразивную износостойкость осуществлялись при трении о закрепленный абразив – шлифовальную бумагу (М100) при возвратно-поступательном движении образца. Скорость скольжения – 0,14 м/с, удельное давление – 50 Н, 100 Н, путь трения – 176 см. Величина поперечного смещения шлифовальной бумаги за один двойной ход – 1,2 мм, длина рабочего хода образца – 20 мм. В качестве эталона использовалось сталь 110Г13.

Типичная структура остаточного аустенита в стали 03Н18М5ТЮ была получена путем скоростного нагрева и закалки из однофазной γ -области. Формирование ревертированного аустенита в обеих сталях 03Н18М5ТЮ и

03Н17В10К10МТ обеспечивается ускоренным охлаждением из двухфазной области $\alpha+\gamma$.

Для оценки влияния метастабильного аустенита на характеристики изнашивания были проведены испытания стали 03Н18М5ТЮ на износостойкость при абразивном воздействии, а также при сухом трении с малыми скоростями, исключаяющими значительный разогрев поверхности образцов (табл.1).

Таблица 1. Свойства стали 03Н18М5ТЮ при испытаниях на износостойкость

N	Режимы термической обработки	$H_{\text{исх}}/H_{\text{ц}} \text{ после испыт. МПа}$	$\gamma_{\text{исх}}/\gamma_{\text{после испыт.}} \%$	ε^1	Ih^2	ε^1	Ih^2
				P= 50 Н V=0,14 м/с	P= 300 Н V=0,07 м/с	P= 100 Н V=0,14м/с	P= 600 Н V=0,07 м/с
1	Закалка + 920°C + 820°C + старение 480°C, 3 ч	4120/4900	0/0	1,9	$1,1 \cdot 10^{-7}$	1,9	$2,0 \cdot 10^{-7}$
2	Закалка + 920°C + 820°C + старение 600°C, 3 ч	3330/5000	36/15	1,9	$1,0 \cdot 10^{-7}$	1,9	$1,5 \cdot 10^{-7}$
3	Закалка + 920°C + 820°C + 820°C (соль), 5 мин + старение 480°C, 3 ч	3820/4610	7/0	1,9	$1,5 \cdot 10^{-7}$	1,9	$1,5 \cdot 10^{-7}$

¹⁾ Относительная износостойкость стали при абразивном изнашивании

²⁾ Интенсивность изнашивания стали при сухом трении

На основе анализа полученных характеристик износостойкости, изменения микротвердости и фазового состава образцов до и после испытаний можно отметить, что после всех исследуемых режимов обработки во всех сталях приповерхностный слой имеет более высокую твердость, чем в исходном состоянии. При этом присутствие заметной доли ревертированного или остаточного аустенита закономерно сказывается на величине исходной твердости – во всех случаях она ниже, чем после старения на максимальную прочность. Такое изменение микротвердости после изнашивания следует приписать не только деформационному наклепу мартенсита, но и вызванному механическим нагружением фазовому $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращению. При этом присутствие аустенита либо вовсе не обнаруживается, либо его количество снижается в 2,5-3,0 раза. Можно полагать, что частично сохранившийся аустенит также испытывает деформационный наклеп. Суммарное влияние наклепа γ - и α -фаз и упрочнение от деформационного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения приводит к повышению микротвердости стали до уровня $H_{\text{ц}}=4600-500$ МПа независимо от исходной твердости и содержания γ -фазы.

Сравнительный анализ влияния старения при разных температурах на износостойкость проводился для стали 03Н17В10К10МТ при абразивном изнашивании (табл.2.)

Эти эксперименты показали, что максимальную износостойкость данная сталь имеет в случае получения максимального количества метастабильного ревертированного аустенита ($\gamma_{\text{рев}}=41\%$). Этот аустенит превращается на рабочей поверхности в процессе изнашивания в мартенсит деформации. Минимальную износостойкость сталь демонстрирует в состоянии после старения при 480 °С, при этом в структуре практически отсутствует ревертированный аустенит.

Таблица 2. Результаты испытаний на абразивную износостойкость стали 03Н17В10К10МТ

№	Сталь	Режим термической обработки	γ исх, %	Q _{0,Г} Потеря массы	$\varepsilon^{1)}$	HR С _{исх}	H _ц , после испыт. МПа
1	03Н17В10К10МТ	Закалка 920+820°С, вода; старение 480°С 3 ч	1	0,6980	0,86	47	4170
2		Закалка 920+820°С, вода; старение 560°С 3 ч	25	0,6480	0,93	45	4730
3		Закалка 920+820°С, вода; старение 600°С 3 ч	41	0,6255	0,96	43	5210
эталон	110Г13	Закалка от 1100°С, вода		0,6000	1,0	18	5200

Данный эффект проявляется вследствие формирования более высокого уровня эффективной прочности поверхностного слоя. В этом случае показано проявление метастабильности γ -фазы в условиях трения. При абразивном воздействии отчетливо обнаруживается возможность $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения в процессе испытания. Кроме того, из табл. 1. и 2 видно, что в отличие от стали 03Н18М5ТЮ относительная износостойкость ε при абразивном изнашивании стали 03Н17В10К10МТ при увеличении количества аустенита несколько возрастает.

Полученные результаты по влиянию аустенитной фазы на сопротивление трению при адгезионном изнашивании стали 03Н18М5ТЮ в узком интервале скоростей скольжения и нагрузок не выявили существенных различий в характеристиках износостойкости. Таким образом, присутствие в структуре мартенситно-стареющей стали аустенита различного типа не ухудшает трибологические показатели. Вместе с тем, выявлена целесообразность повышения количества ревертированного аустенита до 35...41% для изделий ответственного назначения, работающих в условиях контактного трения при адгезионном изнашивании для сталей. Суммарное влияние наклепа γ - и α -фаз и упрочнение от деформационного превращения приводит к повышению микротвердости сталей 03Н18М5ТЮ и 03Н17В10К10МТ не зависимо от исходной твердости и содержания γ -фазы. Показано на примере МСС 03Н18М5ТЮ и 03Н17В10К10МТ, что формирование в структуре ревертированного аустенита за счет повышения температуры старения до 600°С приводит к увеличению значений абразивной износостойкости.